



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ **Offenlegungsschrift**  
⑯ **DE 197 48 665 A 1**

⑯ Int. Cl. 6:  
**F 16 F 15/18**  
F 02 N 11/00  
B 60 K 6/02  
H 02 K 7/00

⑯ Anmelder:  
ISAD Electronic Systems GmbH & Co. KG, 50733  
Köln, DE  
  
⑯ Vertreter:  
Samson & Partner, Patentanwälte, 80538 München

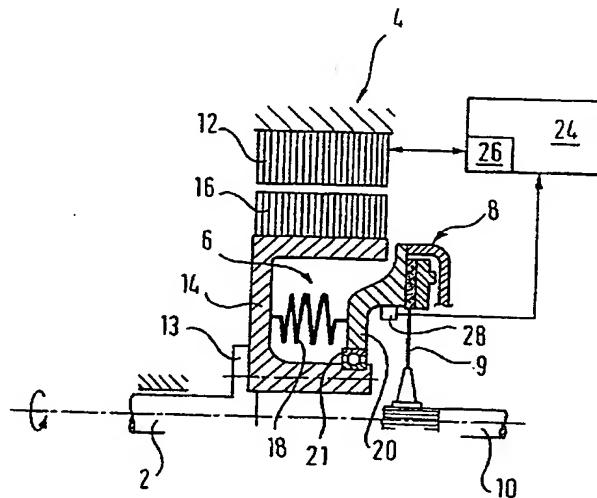
⑯ Erfinder:  
Pels, Thomas, 50735 Köln, DE  
  
⑯ Entgegenhaltungen:  
DE 44 23 577 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Vorrichtung zur Schwingungsisolierung und Verfahren zu deren Betreiben

⑯ Die Erfindung schafft eine Vorrichtung zur Schwingungsisolierung, z. B. dem Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs, bei welchem eine elektrische Maschine (4) im Antriebsstrang vor einer Schwingungsisoliereinrichtung (6) angeordnet ist. Mit Hilfe der elektrischen Maschine (4) werden auf die Eingangswelle (2) bzw. auf die Ausgangswelle (10) derartige Drehmomente aufgebracht, daß die Schwingungsisoliereinrichtung (6) von der jeweils anderen Welle (10 bzw. 2) induzierte Drehmomente eine vergrößerte oder verkleinerte effektive Federsteifigkeit aufweist.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Schwingungsisolierung, z. B. im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs, nach dem Oberbegriff gemäß Anspruch 1 und ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen Vorrichtung.

Aufgrund der diskontinuierlichen Arbeitsweise treten bei Verbrennungskolbenmotoren eine Vielzahl unterschiedlicher Schwingungerscheinungen auf. Besonders bemerkbar machen sich die durch Drehmomentschwankungen des Verbrennungsmotors verursachten Drehschwingungen im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs. Diese pflanzen sich über die übrigen Fahrzeugkomponenten fort und führen zu einem für die Fahrzeuginsassen störenden Geräusch- und Vibrationspegel. Zur Vermeidung oder Verringerung der Schwingungsfortpflanzung im Antriebsstrang werden daher Schwingungsisoliereinrichtungen eingesetzt, welche die mit dem Verbrennungsmotor verbundene Antriebsseite und die z. B. zum Getriebe führende Abtriebseite drehelastisch koppeln. Eine solche Schwingungsisoliereinrichtung führt zu einer wirksamen "Isolierung" der Abtriebseite gegenüber Erregermomenten der Antriebsseite (und umgekehrt), wenn die Resonanzfrequenz der Schwingungsisoliereinrichtung kleiner als die Erregerfrequenz, insbesondere kleiner als das 0,7-fache der Erregerfrequenz, ist. Da man eine niedrige Resonanzfrequenz u. a. durch geringe Federsteifigkeit erzielt, nennt man diesen Betriebsbereich auch den Bereich "weicher Abstimmung".

Nach dem Stand der Technik kann eine derartige Schwingungsisoliereinrichtung konstruktiv im herkömmlichen Schwungrad eines Kraftfahrzeugs eingebunden sein. Wenn dabei zwei Schwungmassen über ein oder mehrere elastische Koppelemente miteinander verbunden sind, spricht man von einem Zwei-Massen-Schwungrad (ZMS).

Ein Beispiel für eine Vorrichtung der eingangs genannten Art offenbart die deutsche Patentanmeldung 196 31 384.8 der Anmelderin. Dort ist die Schwingungsisoliereinrichtung, z. B. in Form eines solchen Zwei-Massen-Schwungrades, im Rotor einer elektrischen Anlassermaschine integriert, wobei der Rotor direkt auf der Kurbelwelle des Verbrennungsmotors sitzt. Diese Anordnung dient der Abschirmung der Abtriebseite gegenüber Drehmomentschwankungen auf der Antriebsseite (und umgekehrt). Diese Anordnung erfüllt dabei die ihr zugewiesenen Aufgaben zufriedenstellend. Bei der Abstimmung der Schwingungsisoliereinrichtung ist sie jedoch mit gegensätzlichen Anforderungen konfrontiert. Einerseits wählt man zur Erzielung einer möglichst tiefen Eigenfrequenz – d. h. eine möglichst wirksame Dämpfung – eine möglichst weiche Abstimmung der Schwingungsisoliereinrichtung (d. h. eine geringe Federsteifigkeit). Dabei besteht aber die Gefahr, daß bei großen Erregeramplituden, z. B. bei einem Lastwechsel, die elastischen Koppelemente der Schwingungsisoliereinrichtung bis zum ihrem Anschlag gegeneinander verdreht werden, so daß dann keine Schwingungsisoliereigenschaft mehr vorhanden ist. Um auch bei solchen großen Erregeramplituden noch im Bereich wirksamer Isolierung zu bleiben, d. h. nicht in einen Anschlag der Schwingungsisolierung zu kommen, wäre andererseits eine harte Abstimmung (hohe Federsteifigkeit) wünschenswert. Die bekannte Anordnung kann diesen gegenläufigen Anforderungen nicht gerecht werden. Der erforderliche Kompromiß bedeutet in der Regel, daß die Eigenfrequenz der Anordnung relativ hoch gewählt wird und bei extrem hohen Erregeramplituden dennoch eine Torsion der Schwingungsisoliereinrichtung bis zum Anschlag nicht ausgeschlossen ist.

Ziel der Erfindung ist es, eine Vorrichtung zur Schwingungsisolierung bereitzustellen, die sich in dieser Hinsicht

vorteilhafter verhält und so einen breiteren Betriebsbereich hat. Dazu gehört die Angabe eines entsprechenden Verfahrens.

Die Erfindung erreicht dieses Ziel durch die Gegenstände der Ansprüche 1 und 10. Vorteile der Ausführungen der Erfindung sind in den jeweiligen abhängigen Ansprüchen beschrieben.

Danach wird eine Vorrichtung zur Schwingungsisolierung, z. B. für ein Kraftfahrzeug, zur Verfügung gestellt, welche aufweist: mindestens einen mit einem Primärstrahl, z. B. einem Verbrennungsmotor des Kraftfahrzeugs, gekoppelten Antriebsstrang mit einer Eingangswelle und einer Ausgangswelle; eine die Eingangswelle und die Ausgangswelle drehelastisch koppelnden Schwingungsisoliereinrichtung; eine elektrische Maschine, deren Rotor mit der Eingangswelle und der Ausgangswelle drehfest verbindbar oder verbunden ist und deren Stator gegen Drehung festlegbar oder festgelegt ist; und eine Steuerungseinrichtung, welche die elektrische Maschine so steuert, daß sie solche zeitlich veränderliche Drehmomente auf die Eingangswelle bzw. die Ausgangswelle aufbringt, daß die von der jeweils anderen Welle (Ausgangswelle bzw. Eingangswelle) induzierte Torsion der Schwingungsisoliereinrichtung verkleinert oder vergrößert wird.

Mit Hilfe dieses Anordnung ist es möglich, die effektive Federsteifigkeit der Schwingungsisoliereinrichtung zu beeinflussen. Die Anordnung hat den Vorteil, daß sie hinsichtlich der Isolier- bzw. Dämpfungseigenschaften der Schwingungsisoliereinrichtung unterschiedlichen Schwingungssituationen anpaßbar ist. Zwar besitzen die elastischen Koppelemente der Schwingungsisoliereinrichtung eine feste – material-, geometri- und dimensionsabhängige – Federkennlinie (sog. spezifische Federkennlinie). Ohne Steuerung der elektrischen Maschine in erfahrungsgemäßer Weise würde die vorgenannte Schwingungsisoliereinrichtung auf ein Erregerdrehmoment der Eingangs- oder Ausgangswelle mit einer von der spezifischen Federkennlinie der elastischen Koppelemente abhängigen elastischen Deformation dieser Koppelemente und damit einer entsprechenden Torsion der Schwingungsisolierungsseinrichtung reagieren. Bei periodisch veränderlichen Erregermomenten sind dies entsprechend periodisch veränderliche Torsionen der Schwingungsisoliereinrichtung. Die elektrische Maschine stützt sich mit ihrem Stator vorzugsweise gegen einen festen Bezugspunkt ab, z. B. ein Motor- oder ein Getriebegehäuse. Durch Betätigen der elektrischen Maschine in der Weise, daß diese zusätzlich in Phase mit dem Erregermoment ein Drehmoment auf der der Erregerseite gegenüberliegenden Seite der Schwingungsisoliereinrichtung aufbringt, wird dem Erregermoment ein positives oder negatives Drehmoment überlagert, so daß die Torsion der Schwingungsisoliereinrichtung – je nach Vorzeichen des Zusatzdrehmoments – vergrößert oder verkleinert wird. Im Ergebnis ähnelt dies einer weicher oder härter ausgelegten Schwingungsisoliereinrichtung. Mithin erscheint die effektive Federkennlinie der Schwingungsisoliereinrichtung als "variabel".

Die Zusatzdrehmomente, die durch die elektrische Maschine auf der der Erregerseite gegenüberliegenden Seite der Schwingungsisoliereinrichtung aufgebracht werden, sind grundsätzlich nach Betrag und/oder Richtung (im verfügbaren Leistungsbereich der elektrischen Maschine) beliebig veränderbar. Beispielsweise kann die elektrische Maschine so gesteuert werden, daß die von ihr aufgebrachten zeitlich veränderlichen Drehmomente proportional den Erregermomenten auf der Erregerseite der Schwingungsisoliereinrichtung, d. h. den von der elastischen Schwingungsisoliereinrichtung aufgebrachten Drehmomenten, sind. Die Zusatzdrehmomente unterscheiden sich dann nur durch ei-

nen konstanten Faktor und ggf. durch das Vorzeichen. Als Folge bleibt die Form der effektiven Federkennlinie unverändert, nur die Steigung der Kennlinie wird steiler oder flacher.

Der hier verwendete Begriff "Steuern" ist im Sinne der Erfindung weit gefaßt zu verstehen und umfaßt insbesondere Steuer- und Regelvorgänge.

Vorzugsweise unterscheiden sich aber die zusätzlich aufgebrachten Drehmomente von den Erregermomenten um einen nicht-konstanten Faktor, z. B. eine mit steigender Torsion zunehmende Zahl, so wird die effektive Federkennlinie (Federsteifigkeit) der Schwingungsisoliereinrichtung zusätzlich in ihrer Form verändert, z. B. flacher (weicher) gemacht, insbesondere linearisiert, oder im Gegenteil, bei großen Erregermomenten steiler (härter) gemacht.

Bei einer besonders bevorzugten Variante haben die von der elektrischen Maschine aufgebrachten Zusatzdrehmomente gleiches Vorzeichen wie die Erregermomente und nehmen mit steigender Torsion der Schwingungsisoliereinrichtung derart zu, daß die Torsion einen vorgegebenen Grenzwert nicht überschreitet. Ein solcher Grenzwert berücksichtigt beispielsweise den Zustand der elastischen Kuppelemente der Schwingungsisoliereinrichtung, etwa das Erreichen einer zulässigen Belastung bzw. Beanspruchung, insbesondere ein Anschlagen der Kuppelemente. Zu berücksichtigen bei der Steuerung sind hierbei die Eigenschaften der elastischen Kuppelemente, z. B. Federkonstante, Federlänge, maximale Elongation, maximale Kompression, etc. Bevorzugt wird hierfür für eine bestimmte Schwingungsisoliereinrichtung ein maximal zulässiger Wert (Grenzwert) für die Torsion bestimmt, bei dem die Schwingungsisoliereinrichtung gerade noch als solche funktionsfähig ist, sowie ein Initierungswert für die Torsion (oder einer hierfür charakteristischen Größen), der betragsmäßig kleiner als der vorgenannte Grenzwert ist. Beim Überschreiten des Initierungswertes wird ein Stellsignal zum Aufbringen eines solchen zeitlich veränderlichen Drehmoments erzeugt, daß sich die Torsion der Schwingungsisoliereinrichtung asymptotisch dem vorgegebenen Grenzwert annähert. Die effektive Federkennlinie weist dann einen vergleichsweise "glatten" Verlauf auf.

Eine bevorzugte Anordnung zur Schwingungsisolierung in einem Kraftfahrzeug sieht vor, daß die elektrische Maschine im Antriebsstrang zwischen Verbrennungsmotor und Getriebe vor der Schwingungsisoliereinrichtung angeordnet ist, z. B. der Rotor der elektrischen Maschine antriebseitig mit der Kurbelwelle drehfest verbunden ist und die Schwingungsisoliereinrichtung zwischen der elektrischen Maschine und einer zum Getriebe führenden Welle liegt. Wählt man in diesem Falle eine weiche Abstimmung, d. h. eine relativ geringe Federsteifigkeit (flache Kennlinie) des oder der elastischen Kuppelemente, so führt ein großamplitudiges Erregermoment auf der Abtriebsseite, wie es z. B. bei einem Lastwechsel auftritt, zu dem Anschlagen der Schwingungsisoliereinrichtung. Wird nun mit der elektrischen Maschine auch auf der Antriebsseite ein Zusatzdrehmoment in Phase mit und mit selben Vorzeichen wie das Erregermoment auf der Abtriebseite aufgebracht, so wird das von der Schwingungsisoliereinrichtung zu übertragende Gesamt- und Relativmoment verringert. Als Folge davon wird die Torsion der Schwingungsisolierung ebenfalls verringert, insbesondere um einen solchen Betrag, daß ein Anschlagen verhindert wird. Im Ergebnis bleibt die Isoliereigenschaft der Schwingungsisoliereinrichtung auch bei weicher Abstimmung selbst für hohe Erregermomente erhalten.

Die von der elektrischen Maschine aufgebrachten zusätzlichen Drehmomente hängen demnach von der an der Schwingungsisoliereinrichtung anliegenden Belastung ab.

Als Steuergröße zur Charakterisierung der anliegenden Belastung verwendet man vorzugsweise die Torsion der Schwingungsisoliereinrichtung oder eine diese Torsion charakterisierende Größe, z. B. das Drehmoment der Eingangswelle und/oder der Ausgangswelle oder die Differenz dieser beiden Drehmomente. Zum Erfassen dieser Steuergrößen umfaßt die Steuerungseinrichtung vorzugsweise einen der Schwingungsisoliereinrichtung zugeordneten Drehwinkelgeber zum Messen der Torsion der Schwingungsisoliereinrichtung oder einen der Eingangswelle und/oder der Ausgangswelle zugeordneten Drehmomentsensor. Mit Hilfe einer geeigneten Verarbeitungseinrichtung werden dann aus den gemessenen Steuergrößen die zur Steuerung der elektrischen Maschine notwendigen Stellgrößen abgeleitet.

15 Die bei der Erfindung verwendete Schwingungsisoliereinrichtung kann grundsätzlich beliebiger dem Fachmann bekannter Art sein. Bei einer bevorzugten Variante umfaßt die Schwingungsisoliereinrichtung mindestens zwei Grundelemente, von denen das eine Grundelement antriebseitig 20 und das andere Grundelement abtriebseitig angeordnet ist, und die beiden Grundelemente über ein oder mehrere elastische Kuppelemente, insbesondere Schrauben-, Spiral- oder Gummifedern, drehelastisch gekoppelt sind.

Wie bereits vorstehend erwähnt, ist die dynamische 25 Schwingungsisolierung vor allem wirksam im Bereich weicher Abstimmung, d. h. bei niedriger Resonanzfrequenz des Schwingungssystems. Eine solche Abstimmung wird vorzugsweise dadurch erreicht, daß an einem oder jedem der Grundelemente Schwungmassen vorgesehen sind. Im Fall 30 zweier Schwungmassen entspricht diese Schwingungsisoliereinrichtung dann dem einleitend erwähnten Zwei-Massen-Schwungrad. Die Schwungmassen können auch drehelastisch, z. B. über Elastomerschichten, mit dem jeweiligen Grundelement gekoppelt sein.

35 Bei einer besonders kompakten und daher bevorzugten Bauweise der erfindungsgemäßen Anordnung ist die Schwingungsisoliereinrichtung im Rotor der elektrischen Maschine integriert angeordnet. Hierfür ist der Rotor der elektrischen Maschine beispielsweise hohlzylinderförmig 40 ausgebildet. Der Hohlraum im Rotor dient dann der Aufnahme der Schwingungsisolierung.

Die elektrische Maschine der erfindungsgemäßen Anordnung zur Schwingungsisolierung kann – neben den zuvor beschriebenen Funktionen – auch sonstige Funktionen übernehmen, z. B. die eines/r

- Starters zum Starten, insbesondere Direktstarten, eines Verbrennungsmotors;
- Generatoren zur Versorgung elektrischer Verbraucher und/oder mindestens einer Fahrzeughbatterie;
- generatorischen Fahrzeugbremse;
- Antriebs eines Fahrzeugs, insbesondere als Antrieb zur Unterstützung neben dem Verbrennungsmotor; und/oder
- Dämpfers für Drehmomentschwankungen derjenigen Welle, mit welcher der Rotor der elektrischen Maschine verbunden ist. Dabei findet der Drehmomentengriff der elektrischen Maschine auf der Seite der Schwingungsisoliereinrichtung statt, auf der die Drehmomentschwankung auftritt.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele. In der Beschreibung wird auf die bei 65 gefügte schematische Zeichnung bezug genommen. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer beispielhaften erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Schwingungsisolierung

im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs;

Fig. 2 ein schematisches Drehmoment-Zeit-Diagramm eines abtriebsseitigen Erregermoments der Anordnung gemäß Fig. 1 mit und ohne Einwirkung der erfindungsgemäßen Vorrichtung; und

Fig. 3 und 4 jeweils ein schematisches Drehmoment-Drehwinkel-Diagramm, das verdeutlicht, wie mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung die effektive Kennlinie der Schwingungsisoliereinrichtung beeinflußt werden kann.

Fig. 1 zeigt schematisch ein Beispiel für eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Schwingungsisolierung, wie sie in einem Kraftfahrzeug zum Einsatz kommen kann.

Der Drehmomentübertragungsweg des dargestellten Antriebsstranges läuft über eine – von einem nicht dargestellten Verbrennungsmotor angetriebene – Kurbelwelle 2 zu einer elektrischen Maschine 4, von dort durch eine Schwingungsisoliereinrichtung 6 hindurch weiter zu einer Kupplung 8 und über deren Kupplungsscheibe 9 auf eine Getriebeeingangswelle 10, welche ggf. über weitere Elemente zu einem (hier nicht dargestellten) Getriebe des Kraftfahrzeugs führt.

Die elektrische Maschine 4 weist einen sich z. B. am Motorgehäuse oder an der Fahrzeugkarosserie drehfest abstützenden Stator 12 sowie einen drehbeweglichen mit der Kurbelwelle 2 an einer Nabe 13 verschraubten Rotor 14 auf. Der Rotor 14 hat in etwa die Form eines Hohlzylinders mit U-förmigem Querschnitt. Der elektrisch bzw. magnetisch wirksame Teil des Rotors 14 sitzt außen an der dem Stator 12 zugewandten Seite des Hohlzylinders. Wählt man als elektrische Maschine 4 eine Drehstromasynchron-Maschine (obgleich auch eine Maschine vom Gleichstrom-, Wechselstrom-, Drehstromsynchro- oder Lineartyp möglich wäre) so bildet der äußere Teil 16 des Rotors 14 einen Kurzschluß-Käfigläufer mit in Axialrichtung verlaufenden Käfigstäben.

Im Hohlraum des U-förmigen Rotors 14 ist die Schwingungsisoliereinrichtung 6 untergebracht. Diese umfaßt ein – in Fig. 1 schematisch als Feder dargestelltes – elastisches Koppelement 18 (bestehend aus mehreren Spiral- oder Gummifedern), das antriebseitig mit dem Rotor 14 und abtriebseitig mit einem Kupplungseingangsteil 20 der Kupplung 8 verbunden ist. Der Rotor 14 und das Kupplungseingangsteil 20 – mithin Primär- und Sekundärseite der Schwingungsisoliereinrichtung 6 – sind demnach über das elastische Koppelement 18 drehelastisch miteinander gekoppelt. Auf diese Weise ist die Antriebsseite des Antriebsstranges vor Drehmomentschwankungen der Abtriebsseite (und umgekehrt) abgeschirmt, und zwar umso wirksamer je weicher die Abstimmung gewählt wird, wie bereits einleitend diskutiert.

Das Eingangsteil 20 der Kupplung 8 (gleichzeitig Sekundärseite der Schwingungsisoliereinrichtung 6) ist um dieselbe Achse wie der Rotor 14 frei drehbar gelagert, und zwar z. B. in einem auf dem inneren Schenkel des U-förmigen Rotors 14 sitzenden Kugellager 21, so wie es in Fig. 1 schematisch angedeutet ist. Die Antriebsstrangwellen 2 und 10 vor und hinter der elektrischen Maschine 4 sind in Lagern geführt.

Ferner ist eine Steuerungseinrichtung 24 zur Steuerung der elektrischen Maschine 4 vorgesehen. Diese Steuerungseinrichtung 24 umfaßt auch einen Pulswechselrichter 26 zur Erzeugung von Drehfeldern mit Strom frei einstellbarer Frequenz, Phase und/oder Amplitude, mit welchem der Stator 12 der elektrischen Maschine 4 zur Erzeugung eines Drehfeldes gespeist wird, um ein Drehmoment auf den Rotor 14 – und damit auf die Kurbelwelle 2 – auszuüben. Zur Überwachung der aktuellen Torsion, d. h. der In-sich-Verdrehung der Schwingungsisoliereinrichtung 6, ist ein Drehwinkelgeber 30 z. B. in Nähe des Kupplungseingangsteils 20 ange-

ordnet, um fortlaufend dessen momentanen Drehwinkel zu messen. Durch Vergleich mit dem aktuellen Drehwinkel des Rotors 14 der elektrischen Maschine 4 (der durch einen gleichartigen Drehwinkelgeber gemessen oder aus den in den Stator 12 rückinduzierten Strömen ermittelt wird) läßt sich der Relativdrehwinkel  $\phi$  zwischen Primär- und Sekundärseite der Schwingungsisolierung 6 ermitteln. Denkbar ist aber ein in der Schwingungsisoliereinrichtung 6 integrierter Drehwinkelgeber mit einem Sendeteil z. B. auf dem Kupplungseingangsteil 20 und einem gegenüberliegenden Empfangsteil auf der Rotorinnenseite.

Erfindungsgemäß wird die elektrische Maschine 4 gesteuert, um das Isolierverhalten der Schwingungsisoliereinrichtung 6 gezielt zu beeinflussen. Dabei überträgt die elektrische Maschine 4 in Phase mit etwaigen Erregermomenten der Abtriebsseite zusätzlich solche Drehmomente mit gleichem oder entgegengesetztem Vorzeichen auf die antriebseitige Kurbelwelle 2, daß die von den Erregermomenten der Abtriebsseite induzierte Torsion der Schwingungsisoliereinrichtung 6 je nach Vorzeichen der Zusatzdrehmomente verkleinert oder vergrößert wird. Betrachtet man dann das Verhältnis zwischen Erregermomenten und der resultierenden Torsion, so weist die Schwingungsisoliereinrichtung 6 eine – gegenüber der spezifischen Kennlinie des elastischen Koppelements 18 – veränderte Federsteifigkeit auf. Diese kann unter Beeinflussung der von der elektrischen Maschine 4 aufgebrachten Zusatzdrehmomente gezielt abgestimmt werden, wie die nachfolgenden Beispiele zeigen.

Fig. 2 zeigt einen beispielhaften zeitlichen Verlauf eines Stör- bzw. Erregermoments 30, wie es an der Abtriebsseite der Anordnung gemäß Fig. 1, d. h. an der Getriebeeingangswelle 10 bzw. an dem Kupplungseingangsteil 20 (bei geöffneter Kupplung 8) auftritt, etwa bei einem Lastwechsel des Verbrennungsmotors oder bei einem abrupten Drehmomentenschub durch die Antriebsräder. Dabei ist das Erregermoment 30 einem im wesentlichen gleichförmigen Abtriebsmoment 32 überlagert. Das abtriebsseitige Erregermoment 30 wird zwar von der Schwingungsisoliereinrichtung 6 "aufgefangen". Erreicht die Amplitude des Erregermoments 30 jedoch einen – von den Federkonstanten des elastischen Koppelements 18 abhängigen – Maximalwert  $M_{max}$ , so wird das elastische Koppelement 18 der Schwingungsisoliereinrichtung 6 bis zu seinem Anschlag deformiert, so daß dann keine Isoliereigenschaft mehr vorhanden ist.

Um ein solches Anschlagen zu vermeiden, wird die elektrische Maschine 4 erfindungsgemäß so gesteuert, daß sie auf die Kurbelwelle 2 zusätzlich in Phase mit dem Erregermoment 30 ein zeitlich veränderliches Drehmoment aufbringt, welches proportional dem abtriebsseitigen Erregermoment 30 ist, sich z. B. um einen Faktor  $k = 0,5$  unterscheidet, und gleiches Vorzeichen hat. Als Folge davon wird das zwischen Eingangsseite und Ausgangsseite der Schwingungsisoliereinrichtung 6 übertragenen Relativmoment verkleinert, so daß die Torsion der Schwingungsisoliereinrichtung 6 ebenfalls verkleinert wird. Dadurch wird das resultierende an der Schwingungsisoliereinrichtung 6 anliegende Drehmoment unter den Maximalwert  $M_{max}$  gedrückt und hat z. B. den in Fig. 2 eingezeichneten Verlauf 36. Im Ergebnis ähnelt dies einer härter ausgelegten Schwingungsisoliereinrichtung 6.

Die Steuerungseinrichtung 24 in Fig. 1 ermittelt hierbei wie vorstehend beschrieben den momentanen Dreh- bzw. Relativwinkel  $\phi$  zwischen primär- und Sekundärseite der Schwingungsisoliereinrichtung 6, berechnet hieraus den Drehmomentverlauf des angestrebten Anteils 32 sowie des Erregeranteils 30 und ermittelt unter Zuhilfenahme von in einem Speicher abgelegten Daten von  $M_{max}$ , ob ein An-

schlagen droht. Sofern dies der Fall ist, wird von dem Pulswechselrichter 26 ein Stellsignal zur Steuerung der elektrischen Maschine 4 erzeugt, welche ein Zusatzmoment zur Verkleinerung der Torsion der Schwingungsisoliereinrichtung 6 auf die Kurbelwelle 2 aufbringt.

Weitere Steuerungsmöglichkeiten der Anordnung in Fig. 1 sollen anhand des Kennlinienverlaufes (Drehmoment über Drehwinkel) gemäß der nachfolgenden Fig. 3 und 4 veranschaulicht werden. Die durchgezogene Linie A entspricht der spezifischen Federkennlinie des elastischen Koppelelements 18, die von Material, Geometrie, Größe, etc. abhängt. Bei einer vorteilhaften weichen Abstimmung ist das elastische Koppellement entsprechend weich gewählt, d. h. flache Kennlinie. Wird nun die elektrische Maschine so gesteuert, daß einem Erregermoment auf einer Seite der Schwingungsisoliereinrichtung ein positives oder negatives Zusatzmoment auf der gegenüberliegenden Seite in Phase überlagert wird, so wird die Torsion der Schwingungsisoliereinrichtung, mithin der Drehwinkel  $\varphi$  zwischen Primär- und Sekundärseite, je nach Vorzeichen des Zusatzdrehmoments vergrößert oder verkleinert. Ist das aufgebrachte Zusatzdrehmoment proportional dem an der Schwingungsisoliereinrichtung 6 anliegenden Erregermoment (so wie oben in Fig. 2 diskutiert), so bleibt die Form der Federkennlinie A erhalten, lediglich die Steigung der Kennlinie wird steiler oder flacher, wie in Fig. 3 mit gestrichelter Linie B (gleiches Vorzeichen wie das Erregermoment) bzw. Linie C (entgegengesetztes Vorzeichen zum Erregermoment) dargestellt. Unterscheidet sich das aufgebrachte Zusatzdrehmoment von dem Erregermoment um einen nichtkonstanten Faktor, so wird die Federlinie A auch in ihrer Form verändert, wie anhand von Fig. 4 veranschaulicht wird. Die Kennlinie A entspricht dort wiederum der spezifischen Federkennlinie des elastischen Koppellements 18. Um zu vermeiden, daß die Schwingungsisoliereinrichtung 6 bei großen Erregeramplituden in den Anschlag kommt, wird mit der elektrischen Maschine 4 ein mit steigender Torsion der Schwingungsisoliereinrichtung 6, d. h. mit steigendem Drehwinkel  $\varphi$  überproportional zunehmendes Drehmoment mit gleichem Vorzeichen wie das Erregermoment aufgebracht. Die effektive Federkennlinie hat dann den in Fig. 4 gezeigten Verlauf D und nähert sich nur noch asymptotisch dem Grenzwert  $\varphi$ . Neben dem Grenzwert  $\varphi_{max}$  für den maximal zulässigen Drehwinkel (Anschlagwinkel) ist in der Steuerungseinrichtung 24 auch ein Initiierungswert  $\varphi_i$  abgelegt, der betragsmäßig kleiner als der Grenzwert ist und bei welchem bereits ein Stellsignal für die elektrische Maschine 4 erzeugt wird. Im Ergebnis ist die Schwingungsisoliereinrichtung 6 bei großem Drehwinkel  $\varphi$  hiermit härter abgestimmt.

Die elektrische Maschine 4 kann aber auch so gesteuert werden, daß sie den Kennlinienverlauf linear macht. Hierfür bringt sie nach Erreichen eines vorgegebenen Initiierungswertes in Phase mit einem Erregermoment solche zeitlich veränderliche Zusatzmomente mit entgegengesetztem Vorzeichen auf, daß sich die in Fig. 4 eingezeichnete effektive Federkennlinie E ergibt. Dann weist die Schwingungsisoliereinrichtung 6 für große Erregeramplituden eine geringere Federsteifigkeit auf im Vergleich zur spezifischen Federkennlinie A des elastischen Koppellements 18. Im Ergebnis ist die Schwingungsisoliereinrichtung 6 dann weicher abgestimmt.

## Patentansprüche

- Vorrichtung zur Schwingungsisolierung mit:
  - mindestens einem mit einem Primärantrieb gekoppelten Antriebsstrang mit einer Eingangswelle (2) und einer Ausgangswelle (10);

– einer die Eingangswelle (2) und die Ausgangswelle (10) drehelastisch koppelnden Schwingungsisoliereinrichtung (6);  
 – einer elektrischen Maschine (4), deren Rotor (14) mit der Eingangswelle (2) oder der Ausgangswelle (10) drehfest verbindbar und deren Stator (12) gegen Drehung festlegbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß  
 – eine Steuerungseinrichtung (24) die elektrische Maschine (4) so steuert, daß sie solche zeitlich veränderliche Drehmomente auf die Eingangswelle (2) bzw. die Ausgangswelle (10) aufbringt, daß die von der jeweils anderen Welle (10 bzw. 2) induzierte Torsion der Schwingungsisoliereinrichtung (6) verkleinert oder vergrößert wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Maschine (4) im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeuges zwischen Verbrennungsmotor und Getriebe vor der Schwingungsisoliereinrichtung (6) angeordnet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerungseinrichtung (24) als Steuergröße die Torsion der Schwingungsisoliereinrichtung (6) selbst verwendet.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerungseinrichtung (24) als Steuergröße eine die Torsion charakterisierende Größe, nämlich das Drehmoment der Eingangswelle (2) und/oder der Ausgangswelle (10) oder die Differenz dieser beiden Drehmomente verwendet.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerungseinrichtung aufweist:

- mindestens einen Drehwinkelgeber (30) zum Messen der Torsion der Schwingungsisoliereinrichtung (6) oder einen Drehmomentsensor zum Messen des Drehmoments der Eingangswelle und/oder der Ausgangswelle oder der Differenz dieser beiden Drehmomente; und
- eine Verarbeitungseinrichtung (26) zum Erzeugen von Stellgrößen für die elektrische Maschine (4), die auf die Bewegung der Eingangswelle (2) bzw. der Ausgangswelle (10) einwirkt.

6. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingungsisoliereinrichtung (6) mindestens zwei Grundelemente (14, 20) aufweist, von denen das eine Grundelement (14) antriebseitig und das andere Grundelement (20) abtriebseitig angeordnet und die beiden Grundelemente (14, 20) über ein oder mehrere elastische Koppellemente (18), insbesondere Schrauben-, Spiral- oder Gummifedern, drehelastisch gekoppelt sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine oder mehrere Schwungmassen an einem oder jedem der Grundelemente (14, 20) angeordnet sind.

8. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingungsisoliereinrichtung (6) im Rotor (14) der elektrischen Maschine (4) integriert ist.

9. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerungseinrichtung (24) die elektrische Maschine (4) so steuert, daß sie als Starter eines Verbrennungsmotors, als Generator, als generatorische Fahrzeugbremse, als Antrieb eines Fahrzeugs oder als aktiver Dämpfer für Drehmomentschwankungen derjenigen Welle (2 bzw. 10), mit welcher der Rotor (14) verbunden ist, dient.  
 10. Verfahren zum Betreiben einer Vorrichtung zur

Schwingungsisolierung nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welchem die elektrische Maschine (4) auf die Eingangswelle (2) bzw. die Ausgangswelle (10) solche zeitlich veränderliche Drehmomente aufbringt, daß die Schwingungsisoliereinrichtung (6) für von der jeweils anderen Welle (10 bzw. 2) induzierten Drehmomente eine vergrößerte oder verkleinerte effektive Federsteifigkeit aufweist. 5

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei als Steuergröße zur Charakterisierung der an der Schwingungsisoliereinrichtung (6) anliegenden Belastung die Torsion der Schwingungsisoliereinrichtung (6) und/oder das Drehmoment der Eingangswelle (2) oder der Ausgangswelle (10) oder die Differenz dieser beiden Drehmomente gemessen wird und daraus Stellgrößen zur 15 Steuerung der elektrischen Maschine (4) abgeleitet werden.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, wobei die von der elektrischen Maschine (4) auf die Eingangswelle (2) oder die Ausgangswelle (10) aufgebrachten 20 Drehmomente proportional zu den Erregermomenten der jeweils anderen Welle (10 bzw. 2) sind und gleiches oder entgegengesetztes Vorzeichen haben.

13. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, wobei die von der elektrischen Maschine (4) auf die Eingangswelle (2) oder die Ausgangswelle (10) aufgebrachten 25 Drehmomente sich um einen von der momentanen Torsion abhängigen Faktor von den Erregermomenten der jeweils anderen Welle (10 bzw. 2) unterscheidet.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei die von der elektrischen Maschine (4) aufgebrachten Drehmomente mit steigender Torsion derart zunehmen und entgegengesetztes Vorzeichen wie die Erregermomente haben, daß die Schwingungsisoliereinrichtung eine im 30 wesentlichen lineare Federkennlinie aufweist. 35

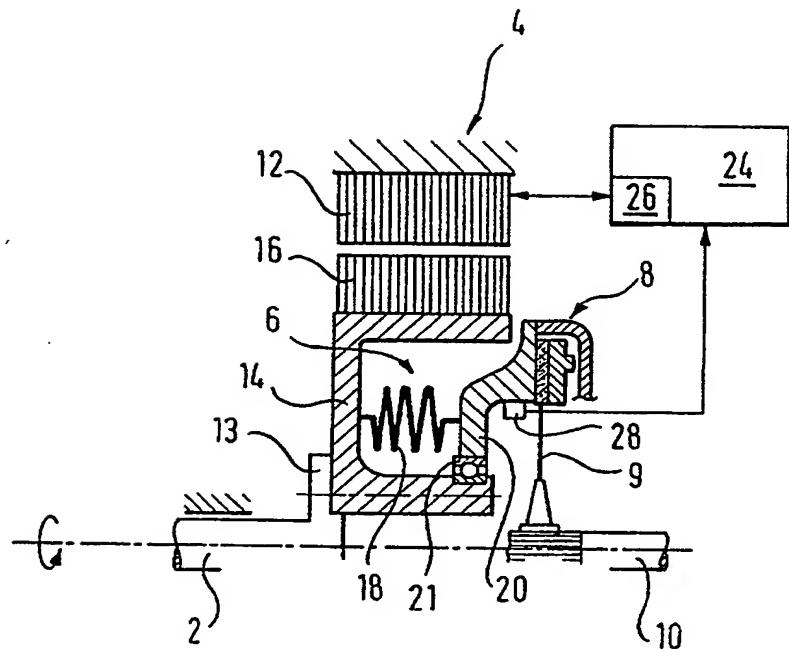
15. Verfahren nach Anspruch 13, wobei die von der elektrischen Maschine (4) aufgebrachten Drehmomente mit steigender Torsion derart zunehmen und gleiches Vorzeichen wie die Erregermomente haben, 40 daß die Torsion der Schwingungsisoliereinrichtung (6) einen vorgegebenen Grenzwert nicht überschreitet.

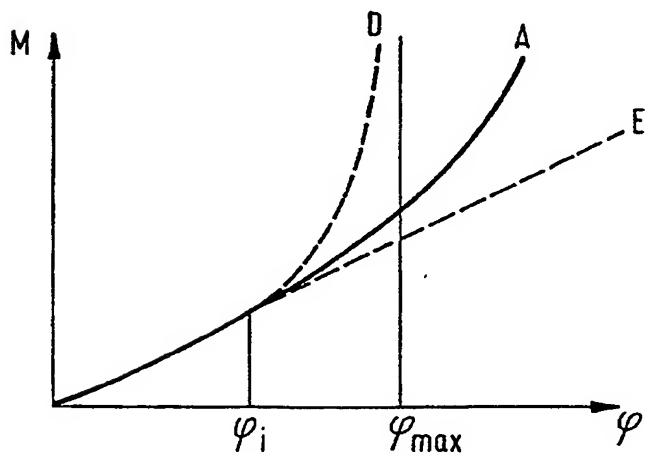
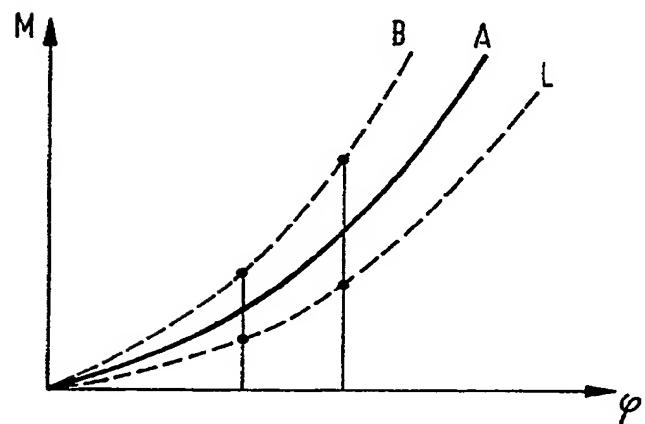
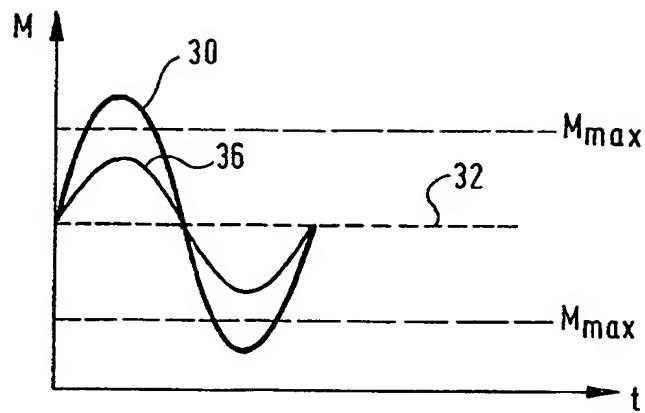
16. Verfahren nach Anspruch 15, ferner mit folgenden Schritten:

– Ermitteln eines maximal zulässigen Wertes (Grenzwertes) für die Torsion der Schwingungsisoliereinrichtung (6) oder für eine die Torsion charakterisierende Größe sowie eines entsprechenden Initiierungswertes, der betragsmäßig kleiner als der Grenzwert ist; 45

– Erfassen von Ist-Werten der Torsion oder der die Torsion charakterisierenden Größe und Vergleichen der Ist-Werte mit dem entsprechenden Initiierungswert; und Erzeugen eines Stellsignals zum Aufbringen solcher zeitlich veränderlicher Drehmomente bei Überschreiten des Initiierungswertes, daß sich die Torsion der Schwingungsisoliereinrichtung (6) asymptotisch dem vorgegebenen Grenzwert annähert. 50 55

Fig. 1





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

---

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.